

3. Lerner M.I., Psakhie S.G., Lozhkomoev A.S. et. al. Fe-Cu Nanocomposites by High Pressure Consolidation of Powders prepared by Electric Explosion of Wires // Advanced Engineering Materials. – 2018. – 20, 8 – P. 1701024.

ГИДРОФИЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ Ti6Al4V СКЭФФОЛДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО СИНТЕЗА

Е.А. ЧУДИНОВА, М.А. СУРМЕНЕВА, У.Р. АЛАШЕВА

Томский политехнический университет

E-mail: e_chudinova93@mail.ru

Последние достижения в области аддитивных технологий предоставляют широкие возможности использования трехмерного прототипирования для создания персональных имплантатов по размерам пациента с улучшенными механическими показателями. Применение титана и его сплавов в качестве материала для такого рода заменителей кости обусловлен рядом его преимуществ, таких как легкий вес, высокие прочностные характеристики и коррозионная стойкость. Однако биоактивация поверхности остается актуальной задачей для имплантологии. К настоящему моменту существует широкий спектр способов модифицирования поверхности. Химия диазония имеет значительные преимущества перед другими методами ввиду простого в исполнении способа достичь биосовместимых поверхностных свойств, позволяя ковалентно и равномерно связывать ряд функциональных групп. Кроме того, в настоящее время активные исследования ведутся в области микрокапсулирования, позволяющего загружать лекарственные препараты, белки, факторы роста и т.д. в капсулы, обеспечивая их пролонгированный эффект. Рассматривая эти аспекты, представляется интерес в создании гибридных покрытий на скэффолдах титанового сплава, изготовленных с помощью аддитивных технологий, с использованием солей диазония и микрокапсул с лекарственным препаратом - дексаметазоном, обладающим противовоспалительным свойством, для достижения усиленного биосовместимого эффекта. В связи с этим, работа посвящена исследованию данных вопросов.

Объектом исследования послужили скэффолды Ti6Al4V сплава, изготовленные методом электронно-лучевого плавления. Далее образцы были функционализированы 4-карбоксибензолдиазоний тозилатами (АДТ-СООН) с использованием УФ-излучения в течение 30 минут (365 нм, 6 Вт). В качестве ядер для капсул были синтезированы микрочастицы кальций карбоната (CaCO_3), способствующего увеличению сорбционной способности загружаемого компонента - дексаметазона. Формирование оболочки ядер осуществлялось методом послойной адсорбции противоположно заряженных полимеров - полиалиламина гидрохлорида (ПАН) и полистиролсульфоната натрия (PSS). Далее капсулы осаждались погружением скэффолдов, предварительно модифицированных АДТ-СООН, в шейкер с суспензией с синтезированными микрокапсулами, загруженными дексаметазоном на полтора часа.

Микрофотографии СЭМ подтвердили сферическую форму синтезированных капсул диаметром $2,19 \pm 0,50$ мкм (рисунок 1А). Согласно изображениям, осажденные на необработанную поверхность капсулы имеют неоднородное распределение, образуя крупные агломерации в углублениях образцов (рис.1В), в то время как капсулы, размещенные на модифицированную АДТ-СООН поверхность скэффолдов, распределились по ней более равномерно (рисунок 1Г).

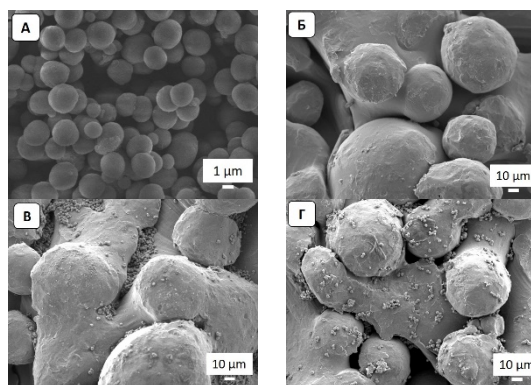


Рисунок 1 – СЭМ-изображения капсул, синтезированных с дексаметазоном (А), Ti6Al4V скэффолд без модифицирования (Б), Ti6Al4V скэффолд, функционализированный микрокапсулами с дексаметазоном (В) и Ti6Al4V скэффолд, функционализированный АДТ-СООН и микрокапсулами с дексаметазоном (Г)

Энергодисперсионный анализ подтвердил наличие элементов подложки, нанесенного покрытия и микрокапсул на поверхности скэффолда.

Таблица 1 – Элементный анализ

Тип образцов/Элементы (%)	Ti	Al	V	Ca	O	C	Mo	S
Ti6Al4V	72,0	5,3	3,3	-	13,6	5,0	0,8	-
Ti6Al4V + Дексаметазон	54,1	3,9	2,3	2,9	20,8	15,8	-	0,3
Ti6Al4V + АДТ-СООН+ Дексаметазон	67,2	4,2	3,0	3,4	14,8	7,5	-	-

Представленные в таблице 2 данные смачиваемости поверхности скэффолда демонстрируют снижение контактного угла после функционализации поверхности, как в случае осаждения микрокапсул, так и при формировании слоя АДТ-СООН и нанесенных на него микрокапсул дексаметазона практически в два раза, что говорит о том, что поверхность стала гидрофильной. Стоит отметить, что гидрофильная поверхность является оптимальной для адгезии, миграции и дифференцировки клеток на биоматериале [1].

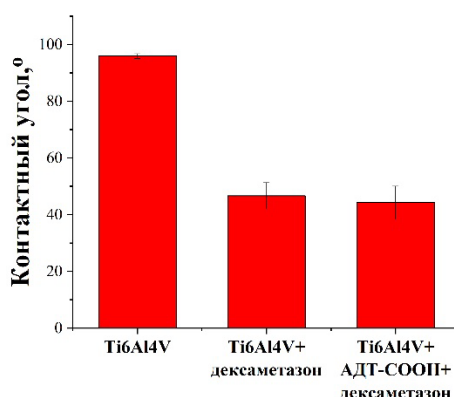


Рисунок 2 – Контактный угол смачивания поверхности

Таким образом, проведенные исследования показали, что модифицирование поверхности АДТ-СООН и дальнейшее осаждение капсул способствует однородному их распределению на скэффолде, а также приводит к гидрофилизации поверхности, что может показать положительные результаты в ходе проведения клеточных экспериментов. Данное предположение станет предметом дальнейших исследований.

Авторы выражают благодарность Р.А. Сурменеву, П.С. Постникову, А.В. Коптюгу, Е.В. Свиридовой и Т. Дагласу за помощь в подготовке и исследовании тестируемых образцов.

Список литературы

1. Kim M. S. et al. Adhesion behavior of human bone marrow stromal cells on differentially wettable polymer surfaces //Tissue engineering. – 2007. – Т. 13. – №. 8. – С. 2095-2103

СОЗДАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ

В.В. ШИМАКОВ¹, М.В. ПЕРОВСКАЯ²

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: vasiliyjudo2012@rambler.ru

Наплавка в пучке релятивистских электронов является весьма эффективным методом упрочнения поверхности деталей машин и механизмов. Установки для наплавки создаются в ИЯФ СО РАН, которые обеспечивают глубокое проникновение электронов в металлы и высокую производительность процесса [1].

Исходя из выше сказанного, цель работы - изучить закономерности формирования износостойких покрытий методом наплавки порошков карбидов вольфрама, титана и никеля в пучке релятивистских электронов, найти оптимальные составы наплавочных смесей, режимы наплавки.

Низкоуглеродистая сталь была покрыта смесью порошков WC+Ni+TiC при их относительном содержании 6:3:1. Слой порошка толщиной 1 мм наносили на поверхность образца перед обработкой. Энергия электронов U составляла 1,4 МэВ, ток луча I был равен 40 мА, а скорость поступательного перемещения образца под пучком V – 2,0; 1,8; 1,65; 1,55; 1,45 см/с. Для защиты от воздействия окружающей среды флюс MgF₂ вводили в смеси для наплавки.

Для проведения структурных исследований при наплавке смесью WC+Ni+TiC поперечные шлифы наплавленных слоев травили 4%-ным раствором HNO₃. Фазовый состав покрытий определяли методом рентгенофазового анализа на дифрактометре ДРОН-2М. Измеряли распределение микротвердости на приборе ПМТ-3 и нашли его среднее значение в покрытии Н^{ср}μ. Проводили испытания на абразивную износостойкость по ГОСТ 23.208-79.

Распределение микротвердости в наплавленных слоях при введении в наплавочную смесь никеля и карбида титана в качестве модификатора приведено на рисунке 1.

Толщина наплавленного слоя составляет 1,5-3 мм, средняя микротвердость Н^{ср}μ и износостойкость покрытий несколько уменьшается с увеличением плотности энергии излучения E. Наблюдаемое явление связано с увеличением толщины осаждаемого слоя и уменьшением средней концентрации легирующих элементов, в том числе никеля, который стабилизирует аустенит. Соответственно, твердость и износостойкость снижаются, рисунок 2, а и б.